Aus dem Pathologischen Institut des Städtischen
Rudolf-Virchow-Krankenhauses in Berlin

(Leiter: Prof. Dr. med. Friedrich S t e i n)

Über die frühe embryologische Entwicklung der menschlichen Zunge und ihre physiologische Bedeutung

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

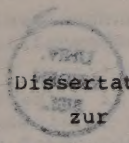
vorgelegt von
Zahnärztin Breitner, Gisela geb. Hamrol
aus Berlin

1976

Aus dem Pathologischen Institut des Städtischen
Rudolf-Virchow-Krankenhauses in Berlin

(Leiter: Prof. Dr. med. Friedrich S t e i n)

Über die frühe embryologische Entwicklung der menschlichen Zunge und ihre physiologische Bedeutung



Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnärztin Breitner, Gisela geb. Hamrol
aus Berlin

Referent: Prof. Dr. med. Friedrich Stein

Korreferent: Prof. Dr. med. Willy Schwarz

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-,
Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 09. Februar 1976

Inhaltsverzeichnis Seite

1. Einleitende Problemstellung 1

2. Die Entwicklung der Zunge in der Phylogenese mit dem Ziel auf das Säugetier 2

2.1 Entwicklung bis zur Zunge der Agnatha (Kieferlose) in allgemeiner Darstellung 2

2.2 Übereinstimmende Darstellung in der Literatur betreffend die anatomische und physiologische Entwicklung der Zunge der Gnathostomata (Kiefermäuler) 4

2.2.1 Pices (Fische).....4
2.2.2 Amphibien (Lurche).....5
2.2.3 Reptilien (Kriechtiere).....7
2.2.4 Aves (Vögel).....8
2.2.5 Mammalia (Säugetiere).....9

2.3 Unterschiedliche Theorien über die Ursachen der Entstehung des "Muskelorgans Zunge".....11

2.4 Abschließende kurze Zusammenfassung 12

3. Die ontogenetische Entwicklung der Zunge des Menschen unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Zungenmuskulatur 14

3.1 Allgemeine Zungenentwicklung, wie sie aus dem vergleichenden Literaturstudium sich darstellt 14

3.2 Einige Stadien in der Entwicklung der Zungenmuskulatur mit ihrer Auswirkung auf die Form der Zunge nach einer Arbeit von E. PONS-TORTELLA 16

3.3 Eigene Untersuchungen über die Entwicklung der menschlichen Zungenmuskulatur 18

3.4 Wenige Kriterien der Untersuchungen von PONS-TORTELLA und der eigenen im Vergleich 36

4. Die Bedeutung der Zunge im postnatalen Leben des Menschen unter besonderer Berücksichtigung des Saugvorganges 37

4.1 Bisher bekannte Tatsachen und Thesen zur Physiologie des Saugprozesses 37

4.2 Nebentatsachen 41

5. Diskussion 43

6. Zusammenfassung 47

Literaturverzeichnis 49

1. Einleitende Problemstellung

Betrachtet man eine Reihe von menschlichen Foeten in histologischen Schnittpräparaten, die vom 4-mm Stadium bis zum 100-mm Stadium Scheitel-Steiß-Länge (SSL) reicht, so fällt immer wieder auf, daß die Zunge ein schon in sehr früher Entwicklungsphase ungemein ausgeprägtes und nahezu "fertiges" Organ darstellt. Sie bildet geradezu eine topographische "Orientierungshilfe" bei der Betrachtung und Durchmusterung des Gesichtsschädels frühfoetaler Entwicklungsformen.

Diese Beobachtung hat uns dazu bewogen, der Bedeutung dieser Tatsache nachzugehen und das Organ der Zunge einer sowohl phylogenetische als auch ontogenetische Gesichtspunkte berücksichtigenden Untersuchung zu widmen.

Hierzu standen uns insgesamt 60 menschliche Foeten zur Verfügung, die in sagittaler und parasagittaler Schnittebene in histologischen Totalschnittserien verarbeitet waren und und die Entwicklungsphasen der Zunge im Detail, aber auch im Vergleich zur Entwicklung anderer Organe studieren ließen.

Dies vorausgestellt, konnte vor allem die Betrachtung der Phylogenese der Zunge nicht unberücksichtigt bleiben; sie versprach die Gewinnung vielleicht neuer Gesichtspunkte. Phylogenese und Ontogenese zusammen dargestellt und erörtert, leiteten uns zwangsläufig über zur Betrachtung der Funktion der Zunge und ließen uns möglicherweise neue Aspekte hinsichtlich ihrer so eigentümlich frühzeitigen und vor allem als muskuläres Organ -neben dem Herzen- fast einmalig kräftigen Ausbildung gewinnen.

2. Die Entwicklung der Zunge in der Phylogenese mit dem Ziel auf das Säugetier

2.1 Entwicklung bis zur Zunge der Agnatha (Kieferlose) in allgemeiner Darstellung

Zur Aufnahme und Verwertung der Nahrung verfügen alle Tiere über besondere Organe, die in Funktionsmechanismus und Gestalt im Laufe der Entwicklungsgeschichte sich den jeweiligen Erfordernissen des einzelnen Lebewesens angepaßt haben.

Bei den niedersten Tierstämmen, den Protozoen (Urtiere) finden wir ein solches Organ bereits bei den Flagellaten (Geißeltierchen), die ihre Geißel, wenn sie fest auf einer Unterlage sitzen, nicht zur Fortbewegung, sondern zum Herbeistrudeln von Nahrungsteilchen verwenden.

Rhizopoden (Wurzelfüßler) umfließen ihre Nahrung und schließen sie in eine sog. Nahrungsvakuole ein.

Ciliata (Wimperntierchen) nehmen Nahrungsteile mittels ihrer Cilien in ihren Zellmund auf und transportieren sie ebenfalls in Nahrungsvakuolen durch ihren Zelleib.

Finden wir bereits bei den Einzellern unterschiedliche Organellen zum Erfassen und Transportieren der Nahrung, so ist es ganz selbstverständlich, daß diese Organellen in der aufsteigenden Tierreihe, bis zu Organen herangebildet, eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit in ihrer Entwicklung zeigen.

Nur ein einzelnes dieser Organe, die Zunge, soll in seiner weiteren phylogenetischen Entwicklung genauer verfolgt werden.

Wir fanden diesen Begriff erstmalig bei den Gastropoden (Schnecken) und den Cephalopoden (Tintenfische) genannt, die mit einer sog. "Raspel-Zunge", einem ventralen, oft von ein bis vier Stützplatten ("Zungenknorpel") gestützten Wulst, besetzt mit vielen, nach rückwärts gekrümmten Chitin-Zähnen, ausgestattet sind.

Ähnliche Zungen sind auch an anderen Tieren in der Gruppe der Molluscen (Weichtiere) beschrieben worden.

Sicher ist jedoch, daß diese Organe k e i n e Vorläufer der Zungen sind, wie sie in der Reihe der Vertebraten (Wirbeltiere) erstmalig als ein n e u e s Organ in der Stammesgeschichte entstehen.

Jedoch muß in dieser Reihe streng unterschieden werden zwischen der Gruppe der Agnatha (Kieferlose) und der Gruppe der Gnathostomata (Kiefermäuler).

Bereits bei den Kieferlosen (z.B. bei den Petromyzonten -Neunaugen-) finden wir eine Zungenform beschrieben, die jedoch in beiden Fällen k e i n e Beziehung zur Gnathostomenzunge zeigt, im Gegenteil: eher erinnert sie uns an die bereits erwähnte "Zunge" der Molluscen. STADTMÜLLER beschreibt sie wie folgt: " Die Cyclostomen (Rundmäuler) besitzen ein als Zunge bezeichnetes Organ, das recht komplizierten Aufbau zeigt. Zur Stütze enthält es eigene Knorpelteile, an die sich Muskulatur anheftet. An seinem vordersten, mit Hornzähnen bewehrten Teil tritt diese Zunge in Beziehung zur Mundöffnung. Sie scheint bei den Petromyzonten, bei denen sie erst in der Metamorphose entsteht, als Kolben zum Ansaugen verwendet zu werden." Bei anderen Tieren in der Reihe der Kieferlosen dient diese Zunge, als Raspel oder Feile verwendet, zum Bohren (Durchbohren der Wirtshaut).

Diese Zunge läßt sich nicht vergleichen mit der Zunge der Kiefermäuler. Es scheint, als sei erst mit der Verselbständigung des Unterkiefers die Voraussetzung für die Zungenentwicklung geschaffen.

Spät also in der Stammesgeschichte ist dieses komplizierte Gebilde des Mundhöhlenbodens entstanden, das Schleimhautanteile des I. - IV. Kiemenbogens umfaßt, während die Muskulatur von der caudalen Seite her aus ursprünglichem Rumpfgebiet (von occipitalen Myotomen her) eingewandert ist (GROSSER/ORTMANN).

2.2 Übereinstimmende Darstellung in der Literatur betreffend die anatomische und physiologische Entwicklung der Zunge der Gnathostomata (Kiefermäuler)

Die Muskulatur der Zunge ist es vor allem anderen, die in ihrer anatomischen und physiologischen Entfaltung in der phylogenetischen Entwicklung im folgenden dargestellt werden soll. Dabei wird auf die ausführliche Beschreibung der einzelnen Anteile der Zungenmuskulatur bewußt verzichtet -eine solche Darstellung würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, zumal eingehende Studien zu diesen Problemen in der morphologisch-anatomisch-histologischen Fachliteratur der letzten einhundert Jahre umfangreich beschrieben worden sind-; vielmehr soll das funktionelle muskuläre System der Zunge als Ernährungsorgan, wie es sich in seiner Gesamtheit im Laufe der Stammesgeschichte entwickelt hat, an wenigen Beispielen in der aufsteigenden Tierreihe (beginnend bei den Fischen) unter Berücksichtigung allgemein anatomischer und physiologischer Aspekte kurz geschildert werden.

2.2.1 Pices (Fische)

Die gnathostomen Fische zeigen als Zunge oft, wenn sie nicht sogar ganz fehlt, nur einen durch Schleimhautüberzug der ventralen unpaaren Abschnitte des Visceralskelettes gebildeten flachen Wulst, der nach vorn hin in gewissem beschränkten Grade frei wird, wie die Selachier (Knorpelfische), die Ganoiden (Schmelzschupper) und die Dipnoer (Lurchfische). Damit ist der Weg zu selbständiger Entwicklung gewonnen.
In gewissem Umfang zeigt diese schon Lepidosteus (gehört zur Ordnung der Knochenhechte), bedingt durch die den Verhältnissen des ganzen Kiemengaumenapparates angepaßten grösseren Länge des Wulstes und durch seine deutlichere Abgrenzung von dem benachbarten Mundhöhlenboden, doch ist in der Struktur noch keine Weiterentwicklung erfolgt (STADTMÜLLER).

Die Zunge fast aller gnathostomen Fische entbehrt der Eigenmuskulatur und damit der selbständigen Bewegungsmöglichkeit.
Dieser meist vorliegende völlige Mangel an Muskulatur in der Fischzunge erklärt sich durch den ursprünglich noch erhaltenen Zusammennang des Skelettes der Zunge mit dem des Kiemenapparates. Dadurch aber, daß die Verbindung des Hyobranchialskelettes mit dem Unterkiefer gelöst wurde, wurde wenigstens die M ö g l i c h k e i t einer Bewegung mit dem Kiemenkorb zusammen erworben. Damit trat die Zunge in den Dienst der Nahrungsweiterleitung innerhalb der Mundhöhle, und es erfolgten dem gleichen Zweck dienende N e u b i l d u n g e n , wie z.B. Sekret produzierende Drüsen im Schleimhautüberzug (STADTMÜLLER).

Nach GEGENBAUR waltet jedoch in der Konstitution der Fischzunge noch eine gewisse Monotonie.

(Wenn von einigen Autoren vereinzelt Muskeln in der Fischzunge beschrieben worden sind, so scheinen sie jedoch für die weitere Entwicklung des Organs zu einem kaum vergleichbar muskelreichen nur untergeordnete Bedeutung zu haben).

2.2.2 Amphibien (Lurche)

Zur "primitiven Zunge der Fische" bildet die muskulöse Zunge der Amphibien einen lebhaften Kontrast, der sich ebenso in ihren Leistungen darstellt (KALLIUS). Zwar zeigt die Zunge der Larven und der auf larvaler Stufe verharrenden Ichthyoiden (gehören zur Ordnung der Blindwühlen) etwa dieselben Verhältnisse wie die Zunge der Fische; bei der Mehrzahl der umgewandelten Amphibien jedoch erscheint sie komplizierter aufgebaut: es ist e i g e n e Muskulatur in die Zunge gelangt. Die Durchsetzung mit Muskulatur erfolgt in der Weise, daß sich gegen Ende der Metamorphose von der Hyobranchialmuskulatur bei den Kontinuitätstrennungen zwischen gewissen

Teilen des Hyobranchialskelettes freigewordene Muskelfasern in den Zungenwulst wenden; also nicht in geschlossenen Massen, sondern in einzelnen Zügen treten die Muskelfasern vom Mundboden her in die Zunge ein (STADTMÜLLER).
Sowohl Skelettmuskulatur (Anfänge des M. genio- und des M. hyoglossus in Gestalt von Aberrationen der Innenteile des M. genionyoideus) als auch Binnenmuskulatur (beschrieben sind das Stratum transversum, das Stratum longitudinale medianum und das Stratum arcuatum -selbständige vertikale Fasern fehlen noch-) sind vorhanden (NISHI). Den Amphibien ist gemeinsam, daß sich die Zunge aus einem einzigen von Schleimhaut überzogenen Wulst entwickelt. Dieser Wulst, den KALLIUS als "primitive Zunge" bezeichnet, hat durchaus noch Ähnlichkeit mit der Fischzunge; dennoch kann die definitive Zunge der Amphibien nicht von der Fischzunge abgeleitet werden, da diese sich nur in einem kleinen hinteren medianen Teil der Amphibienzunge darstellt, während der übrige größte, drüsentragende Teil eine N e u b i l d u n g ist, die bei den Fischen keinen Vorläufer hat (KALLIUS).

Die Leistungen der Amphibienzunge sind mannigfach, meist abhängig von der Art ihrer Anheftungsstelle am Mundhöhlenboden. Die Zunge ist bald mehr vorn, bald mehr hinten, je nach Lage des Muskeleintrittes, mit diesem verbunden, und so entsteht infolge verschiedener Anordnung der Muskulatur bei den einzelnen Formen eine unterschiedliche Beweglichkeit. Einerseits finden wir sehr bewegliche Kipp-Schleuderzungen (bei einigen Arten erfolgt das Vorschleudern durch Mitbewegen des Hyoids, während bei anderen Formen die Zungenbewegung unabhängig vom Hyoidskelett erfolgt); andererseits hängt bei Gymnophionen (Blindwühle) die Zunge sehr vollständig mit dem Mundhöhlenboden zusammen und ist nur an ihrem Rande beweglich.

2.2.3 Reptilien (Kriechtiere)

Bei den Reptilien erfährt die Zungenmuskulatur eine große Entfaltung, für welche der M. hyoglossus und der M. genioglossus überall die Grundlage bilden. Die Binnenmuskulatur der Zunge besteht im allgemeinen aus longitudinalen, transversalen und jetzt erstmalig auch aus vertikalen Fasern, welche alle Abkömmlinge des M. hyoglossus und des M. genioglossus darstellen (NISHI). Die Zunge der Reptilien entwickelt sich im Gegensatz zu der der Amphibien nicht mehr nur aus einem einzigen Zungenwulst. Bedeutende Stücke, nämlich die sog. seitlichen Zungenwülste, ein N e u e r w e r b der Reptilien, tragen zur Bildung der Zunge in erheblichem Umfang bei. Sie bedingen einen bedeutenden Zuwachs der Masse der Zunge und vervollkommnen dieses Organ wesentlich. Dem Bedürfnis, die Zunge erweiterter Funktion zugänglich zu machen, konnte also in der phylogenetischen Entwicklung nicht dadurch abgeholfen werden, daß die von den Amphibien ererbte Zunge bei den Reptilien stärker wuchs, sondern es mußte neues Bildungsmaterial herbeigebracht werden (KALLIUS).

Auch die Differenzierung der Reptilienzunge liefert ein gutes Beispiel für die Anpassung eines Organes an die Umwelt und an die Lebens- und Ernährungsweisen der Tiere. Als zentraler Ausgangspunkt der Zungenevolution bei Reptilien kann der Zustand der Crocodilia (Krokodile) betrachtet werden: bei diesen Tieren noch an die Amphibienzunge erinnernd (meist platt und weich, wenig verhornt, an der Unterfläche noch größtenteils dem Mundboden aufgewachsen, somit von ihm wenig deutlich abgesetzt), gehen von dieser Form drei Entwicklungslinien aus, die zur Tastzunge der Ophidia (Schlangen), die zur Tastzunge der Varanidae (Warane) und einzelner Lacertidae (Eidechsen) und die zur Greifzunge der Iguanidae (Leguane) und Chamaeleontidae (Chamäleon) führen. Es wiederholt sich also die Verselbständigung des Organs Zunge in ganz verschiedene Richtungen: bei manchen Sauriern noch kurz, nicht vorstreckbar, wenig beweglich, dick, fleischig, meist

warzig, oft mit kaum ausgebildeter, in der Regel abgerundeter Spitze, ist die Zunge z.B. bei allen Ophidiern schmal mit lang ausgezogenen Spitzen, bandförmig, tief gespalten und von erstaunlicher Beweglichkeit. Schließlich liegt eine wesentliche Bedeutung der Reptilienzunge in ihrer Lagebeziehung zum Gaumen. Durch Anlagerung der Zunge an das Mundhöhlendach mit den Choanen wird der Luftweg aus der Nasenhöhle auf weite Strecke zum Kehlkopfeingang geführt. Dadurch tritt die Zunge erstmals auch in funktionelle Beziehung zur Atmung (STADTMÜLLER).

2.2.4 Aves (Vögel)

Die Zunge der Vögel schließt sich an die Saurierzunge an, wenngleich hinsichtlich der Muskularisierung in der Hauptsache die Binnenmuskulatur oftmals stark zurücktritt, ja, sogar fehlen kann. KALLIUS bezeichnet beispielsweise die Zunge des Sperlings oder der Ente als fast muskelfrei.

Bei Gallus (Kammhuhn), Rhea (Nandu), Procellaria (Sturmvogel), Palameda (Wehrvogel) und Chauna (gehört zur Ordnung der Wehrvögel) lassen sich Fasern des M. hyoglossus (M. ceratoglossus) bis zur Zungenspitze verfolgen. Der nur bei wenigen Vögeln vorkommende M. genioglossus ist durch einen Teil des M. geniohyoideus vertreten. Wenn auch in sich wenig beweglich, kann die Zunge als Ganzes durch Verschieben des gesamten Hyobranchialskelettes innerhalb der Mundhöhle gut bewegt werden (STADTMÜLLER).

Die Zunge steht bei den Vögeln meist im Dienste des Schlingaktes und ist an der Aufnahme der Nahrung in die Mundhöhle beteiligt. In ihrer Gestalt paßt sie sich dem Schnabelrand an, verjüngt sich somit gewöhnlich nach vorn und ist hinten scharf abgesetzt. Die Beziehung zum Gaumen und den Choanen ist ähnlich und von entsprechender Bedeutung wie bei den Reptilien. In ihrer äusseren Erscheinung ist die Vogelzunge allerdings bedeutend mannigfacher entwickelt als bei Kriechtieren. Ein Beispiel

nur soll das verdeutlichen: besitzt der Specht eine schlanke, besonders an der Spitze verhornte und mit Widerhaken versehene, weit vorstreckbare Zunge, so verfügt der Storch über eine zwar in den Einzelheiten gut ausgebildete, aber nur sehr kleine Zunge, die ihm nicht gestattet, die ergriffene Beute im Schnabel zu drehen und zu befördern: deshalb wirft er dieselbe in die Luft und fängt sie mit weit geöffnetem Schnabel wieder auf.
Gut entwickelt dagegen und zweckmäßig gestaltet ist die Zunge der Papageien: dick und fleischig, aber dennoch sehr beweglich bei einigen Arten (wie den Aras), ist sie bei den "Trichoglossidae" (Loris) ausgezeichnet durch eine pinselförmige, aus 250 - 300 fadenförmigen hornigen Papillen mit zerschlissenem Epithelüberzug gebildete Zungenspitze, die zum Auflecken von Frucht- und Blumensäften, bei der Gattung Nestor auch von Blut angefallener Tiere sehr geeignet ist (STADTMÜLLER).

Es bleibt festzuhalten, daß die Zungenfunktion in ihrer Gesamtheit bei den Vögeln weiter entwickelt ist als bei den Reptilien, daß die Muskularisierung der Vogelzunge jedoch im Vergleich zu der der Kriechtiere k e i n e funktionell wesentliche Weiterentwicklung aufzeigt.

2.2.5 Mammalia (Säugetiere)

Die Zunge erreicht ihre Vollendung bei den Säugetieren, beim Menschen in hoher Vollkommenheit.
Nicht mehr nur in wenigen Fasern, sondern in kompakter Masse dringen die Muskeln jetzt in die Zunge ein und lösen sich dann in einzelne Züge auf, die größtenteils selbständig werden.
Der allgemeine Aufbau der Zungenmuskulatur stellt sich wie folgt dar: der M. genioglossus, der M. hyoglossus und der M. styloglossus bilden die hauptsächliche Aussenmuskulatur (Skelettmuskulatur); der M. longitudinalis, der M. transversus und der M. verticalis bilden die Zun-

genbinnenmuskulatur VOSS/HERRLINGER). (Die Bezeichnungen der einzelnen Muskeln bei den verschiedenen Spezies der Säugetiergruppe sind selbstverständlich unterschiedlich, jedoch in ihrer Funktion meist vergleichbar der vorgenannten Zungenmuskulatur des Menschen).
Vor allem die Zungenbinnenmuskulatur ist es, die bei den Säugern eine erstaunliche Ausprägung erlangt hat und in ihrer Funktion für den Menschen wie folgt geschildert werden kann: sie verleiht der Zunge einerseits eine Kompaktheit, die sie vor allen anderen Organen des Verdauungsapparates auszeichnet, andererseits befähigt die Eigenmuskulatur der Zunge diese zu einer in alle drei Dimensionen möglichen Deformierbarkeit. Zu welchen Leistungen diese Zunge hinsichtlich ihrer Bewegungsmöglichkeit imstande ist, wird von Roswitha DABELOW sehr anschaulich folgendermaßen geschildert: "Vergleichen wir ferner die Gruppierung von aktivem und passivem Bewegungsapparat der Zunge mit der des Körpers (etwa der Extremitäten), so zeigt sich auch diesem letzteren gegenüber ihre Sonderstellung. Ihre Eigenmuskulatur bewegt nicht, von aussen kommend, ein festes, undeformierbares Skelett, sondern, von innen kommend, eine äussere, formbare Hülle. Dieses Ganze kann zweitens durch von aussen kommende Muskeln als "Gesamtzunge" bewegt werden, und schließlich gehen diese von aussen kommenden Muskeln wiederum in das Innere der Zunge über und ordnen sich wie Teile der Binnenmuskulatur in das innere Gefüge ein, so wiederum die Zunge nicht nur als Ganzes bewegend, sondern, wie die eigentliche Binnenmuskulatur, die Form der Zunge in sich verändernd, indem sie auf deren deformierbare Aussenhaut einwirken."

Machen wir uns nun die Funktion der Zunge innerhalb der Säugetierreihe klar, so wird die vollendete Bewegungsmöglichkeit dieses Organs vielleicht besser verstanden werden: bildet es doch im Zusammenhang mit den Lippen und dem Mundboden die Grundlage für den ersten Ernäh-

rungsmechanismus aller Angehörigen dieser Tierreihe, für das Saugen, das als lebensnotwendige Voraussetzung bereits bei der Geburt jedes einzelnen Individuums von diesem beherrscht werden muß und bei Versagen den sicheren Tod zur Folge hat.
Mit der Säugetierzunge ist also ein Organ von ganz ausserordentlicher Bewegungsmöglichkeit und -vielfalt entstanden, das in der Stammesgeschichte hinsichtlich der "Kunst der Verformbarkeit" keinen Vorgänger hat.

2.3 Unterschiedliche Theorien über die Ursachen der Entstehung des "Muskelorgans Zunge"

Stellen wir uns nun die Frage, wie es gekommen sei, daß das bei Fischen der Muskulatur entbehrende Organ sich in der aufsteigenden Tierreihe zu einem muskulösen gestaltet, so werden wir uns nicht mit der Vorstellung bescheiden dürfen, daß Muskulatur einwuchs, denn der erste Beginn eines solchen Prozesses, wie er doch mit kleinsten Anfängen gedacht werden muß, liefert noch keine muskulöse Zunge, kein dem Organismus bei der Nahrungsbewältigung nützliches Organ.
Die hohe Bedeutung, welche die Muskularisierung der Zunge besitzt, indem sie das Organ zu einem neuen gestaltet, läßt die Frage entstehen, was der Anlaß zu dieser Veränderung gewesen sei oder welches causale Moment jenem Vorgange zugrunde liegt (GEGENBAUR).

Diese Frage ist bis heute nicht eindeutig geklärt worden. In der Hauptsache stehen sich zwei unterschiedliche Auffassungen gegenüber: GEGENBAUR sagt, daß Drüsenbildung in der Zunge, wie sie erstmals bei den Amphibien beobachtet werden und in ihrer Bedeutung vom ernährungsphysiologischen Standpunkt aus ganz sicher nicht unbeachtet bleiben kann, eine V o r b e d i n g u n g für die Muskularisierung der Zunge sei. Er findet seine Erklärung für die neue Funktion der Zunge im Ausscheiden eines Drüsensekretes bei der Nahrungsaufnahme: die erste Aufgabe

der jetzt vorhandenen Mukelfasern liegt seiner Ansicht nach in der Unterstützung der Entleerung der Drüsenschläuche. GEGENBAUR sieht also das Vorhandensein von Drüsen als Causalmoment für die Muskularisierung an.

Bereits KALLIUS jedoch hält aufgrund seiner sehr umfangreichen Studien an Amphibienzungen dieser Darstellung entgegen, daß schon die Anuren (Froschlurche) eine Emanzipierung von dem phylogenetisch bedeutsamen Vorgang der Beziehung der Zunge zur Sekretentleerung der Drüsen zeigen, da bei ihnen die Muskularisierung der Zunge beginnt, ehe die Drüsen überhaupt angelegt sind.

Ebenfalls im Gegensatz zu GEGENBAUR glauben MARCUS und TEIPEL aufgrund ihrer Untersuchungen an Hypogeophis (Erdwühle), daß der Fischzunge in der phylogenetischen Entwicklung die Atemzunge der Gymnophionen (Blindwühlen) folgt, die einerseits durch starke Vascularisierung den Gasaustausch bewerkstelligt, andererseits durch Neuerwerb der muskularisierten Seitenwülste die Luftbewegung für Geruch und Atmung besorgt, indem der Drüsenerwerb der Zunge ganz unabhängig davon und durch die Ernährung bedingt ist und die Verbindung von Drüsen und Muskeln erst sekundär zur Vervollkommnung der prompten Sekretion geschieht (NISHI).

2.4 Abschließende kurze Zusammenfassung

Es kann festgestellt werden, daß mit dem Erscheinen der Landtiere ein neues Organ entsteht, die muskularisierte Zunge. Eingeleitet wird die Muskularisierung bei den Amphibien, wobei hauptsächlich der M. geniohyoideus die Matrix der Zungenmuskulatur darstellt. Dieselbe wird im allgemeinen in äussere und innere Zungenmuskulatur eingeteilt. Erstere besteht aus dem M. genioglossus und dem M. hyoglossus sowie bei den Säugetieren aus dem M. styloglossus, welcher eine laterale Ausbreitung des letzteren darstellt.

Die Muskulatur der Zunge erreicht, wie bereits mehrfach betont, bei den Säugetieren und hier ganz besonders beim Menschen einen Ausprägungsgrad, der die Zunge zu einem der beweglichsten, wenn nicht überhaupt zum beweglichsten Muskelsystem des Körpers macht.

Als Ernährungsorgan entstanden, soll die Zunge in dieser ihrer Bedeutung und wegen ihrer beim Menschen so frühzeitigen Vollendung in der foetalen Entwicklung im folgenden näher untersucht werden.

3. Die ontogenetische Entwicklung der Zunge des Menschen unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Zungenmuskulatur

3.1 Allgemeine Zungenentwicklung, wie sie aus dem vergleichenden Literaturstudium sich darstellt

Die allgemeine Entwicklung der Zunge des Menschen kann nach vergleichenden Literaturstudien wie folgt geschildert werden: mit der zunehmenden Krümmung des Kopfdarmes des Keimlings verdickt sich gegen Ende der 4. Keimlingswoche sein Boden. Es entsteht hier die Zungenanlage, die sich mit Hilfe der gegen das Cavum oris divergierenden Zellen ihres kräftigen Keilepithels palatooralwärts in die Mundhöhle wölbt. Lateral der Zungenanlage wird diese Wölbung kompensatorisch von Tiefenreliefbildung begleitet.
Die beiden Abschnitte, die wir an der fertigen Zunge unterscheiden, den Körper (Corpus) mit der Spitze und die Wurzel (Radix), entwickeln sich aus verschiedenen Anlagen am Boden der primären Mundhöhle. Dieser entsteht aus den ventralen Bezirken der Schlundbögen beider Seiten.
In den ventralen Abschnitten des ersten Schlundbogens, des Mandibularbogens, entstehen nun am Ende der 4. Embryonalwoche durch Wachstum des Mesenchyms drei kleine Höcker. Zunächst wird ein unpaares Zungenhöckerchen, das Tuberculum linguale mediale oder Tuberculum impar, in der Mittellinie sichtbar. Es liegt im Grenzgebiet zwischen Ekto- und Entoderm. Bald darauf erscheinen lateral von diesem, dem Ektoderm angehörend, ebenfalls im Gebiet des Unterkieferwulstes, je ein seitliches Zungenhöckerchen oder Tuberculum linguale laterale. Durch Ausnivellierung der Furchen und Mesenchymwucherung verstreichen die Grenzen zwischen diesen drei Höckerchen.

So verschmelzen sie miteinander und bilden nun eine einheitliche vordere Zungenanlage für Zungenkörper und Zungenspitze, die vor der Rachenmembran liegt. Seitliche Zungenwülste und Tuberculum impar entwickeln somit den Hauptteil des Zungenkörpers. Das Material des Tuberculum impar ist nach der Verschmelzung nicht mehr abgrenzbar. Es ist wahrscheinlich in einem kleinen Feld unmittelbar vor dem Foramen caecum (Schilddrüsenanlage) zu suchen. Das Epithel für die vorderen zwei Drittel der Zunge geht demnach aus dem Ektoderm und zu einem kleinen Teil auch aus dem Entoderm hervor.

Die Zungenwurzel entsteht aus der hinteren Zungenanlage, die sich als Erhebung vom 2. bis zum 4. Kiemenbogen erstreckt und durch Mesenchymwucherung dieser Kiemenbögen einen zweiten Medianwulst, die Copula, bildet. Sie ist somit ein Teil der primären Mundhöhle, der hinter der Rachenmembran liegt und ausser der Zunge auch die Epiglottis formt. Das Epithel der Zungenwurzel ist also entodermaler Herkunft. Die hintere Zungenanlage verwächst mit der vorderen zu einem einheitlichen Organ; zeitlebens jedoch bleibt die Verwachsungslinie als V-förmige Grenzfurche, als Sulcus terminalis, sichtbar.

An der Bildung des Zungenkörpers ist also Material sehr verschiedener Herkunft beteiligt. Die Verschiedenartigkeit der Genese dieser Komponenten erklärt die Beteiligung zahlreicher heterogener Nerven an der Zungeninnervation (GROSSER/ORTMANN - BLECHSCHMIDT - STARCK - LANGMAN - BOENIG).

Die Entwicklung der Zungenpapillen beginnt bei etwa 25 mm langen Foeten, und zwar erscheinen zuerst die Papillae fungiformes, dann die Papillae vallatae, zuletzt die Papillae filiformes (45 mm). Die Bildung der Papillae vallatae und fungiformes scheint mit dem Einwachsen von Geschmacksnerven eng gekoppelt zu sein.

Sie entwickeln sich aus dem Epithel unter dem Reiz der darin endigenden Nervenfasern. Sind Geschmacksknospen während der Embryonalzeit weit verbreitet (Kehlkopfeingang, Gaumen, Wangen), so bilden sie sich späterhin sowohl vor als auch nach der Geburt wieder zurück, sodaß nur die Zunge Träger der Geschmacksfunktion bleibt (STARCK - BOENIG).

Drüsen entstehen im 2. bis 3. Keimlingsmonat aus den in das darunter liegende Mesenchym einwachsenden Epithelsprossen.

Lymphgewebe ist erst ab 5. Keimlingsmonat in der Zungenwurzel nachweisbar.

Die Innervation für die Zungenschleimhaut erfolgt, da diese sich ja aus dem ventralen Gebiet der vier vorderen Schlundbögen entwickelt hat, durch vier entsprechende Nerven: den N. trigeminus, den N. intermedius, den N. glossopharyngeus und den N. vagus.

3.2 Einige Stadien in der Entwicklung der Zungenmuskulatur mit ihrer Auswirkung auf die Form der Zunge nach einer Arbeit von E. PONS-TORTELLA

Hinsichtlich der Entwicklung der menschlichen Zungenmuskulatur sind aus der Literatur bis auf die Arbeit von PONS-TORTELLA umfangreichere Untersuchungen nicht bekannt. Allgemein muß vorangestellt werden, daß es heute als sicher erscheint, daß die Zungenmuskulatur aus okzipitalen Myotomen entsteht, deren Myoblasten nach ventral wandern und schließlich die äussere und innere Zungenmuskulatur bilden. Die Differenzierung zu Muskelgewebe erfolgt allerdings dann in loco.
Ein Problem, das unterschiedliche Beantwortung in der Literatur gefunden hat, ist die Frage, ob sich die Form der Zunge aufgrund ihrer primären Lage zwischen den vertikal gestellten Gaumenfortsätzen und deren späterer Horizontaleinstellung p a s s i v entwickelt hat oder ob diese

Formveränderung ein a k t i v e r Vorgang ist, so PONS-TORTELLA, bedingt durch das enorme Wachstum der Zungenbinnenmuskulstur. Genannter Autor kam aufgrund eingehender Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Zunge gleichzeitig mit der mächtigen Zunahme der Zungenbinnenmuskulatur ihre Form ändert, auch wenn sie während dieser Entwicklungsphase noch zwischen den vertikal stehenden Gaumenfortsätzen eingeschlossen ist. Ferner sagt er, daß die Wölbung der Zunge auch in späteren Stadien, in welchen die Gaumenplatten bereits horizontal stehen, mit der Wölbung der Unterfläche des Gaumens nicht übereinstimmt. Er bezeichnet also die Formveränderung der Zunge als eine aktive im Gegensatz zu anderen Autoren (wie KALLIUS z.B.). Einige Ergebnisse aus seiner Untersuchung an Längs- und Querschnittreihen menschlicher Foeten, betreffend die Entwicklung der Zungenmuskulatur, sollen nachstehend wiedergegeben werden:

15 mm (L)	M. geniohyoideus als Differenzierungsprodukt des embryonalen Bindegewebes des Mundhöhlenbodens erkennbar.
16 mm (L)	Erste quergetroffene Muskelfasern, die die Anlage des M. transversus darstellen. Einstrahlungen des M. geniohyoideus und des M. genioglossus sichtbar (reichen jedoch nur in den unteren Teil der Zunge). Diese im übrigen von embryonalem Bindegewebe erfüllt.
16,5mm (Qu)	M. geniohyoideus und M. genioglossus sind gut entwickelt, nehmen jedoch nur den unteren Teil der Zunge ein. Der übrige Zungenbereich ist erfüllt von embryonalem Bindegewebe. Außenmuskulatur der Zunge strahlt in die Gegend der Zungenspitze ein, erreicht sie aber nicht.
19 mm (L)	Bis in die Mitte der Zunge reichen Fasern des M. genioglossus; vordere Hälfte der Zunge frei von Muskelfasern.
21 mm (Qu)	Außenmuskulatur im Gegensatz zur Binnenmuskulatur gut entwickelt; Zunge enthält embryonales Bindegewebe mehr als Muskelzellen.

22 mm (Qu) Binnenmuskulatur stark entwickelt, Muskelfasern liegen dicht aneinander.

24 mm (Qu) Die Binnenmuskulatur der Zunge hat auf Kosten des undifferenzierten Bindegewebes zugenommen.

25 mm (L) Fasern des M. genioglossus erreichen fast das vordere Ende der Zunge, nur die Zungenspitze ist noch ganz mit embryonalem Bindegewebe erfüllt.

27 mm (Qu) Die Muskeln der Zunge haben an Masse stark zugenommen.

(Anmerkung des Verfassers: mm-Angaben = SSL, L = Längsschnitt, Qu = Querschnitt).

3.3 Eigene Untersuchungen über die Entwicklung der menschlichen Zungenmuskulatur

Gegenstand unserer folgenden Untersuchung soll nicht die Beobachtung der Entstehung der einzelnen Zungenmuskeln im Detail, sondern die Bildung der Zungenmuskulatur in ihrer Gesamtheit sein.
Es soll versucht werden, die Zunge als ausserordentlich komplexes muskuläres Organ hinsichtlich ihrer physiologischen Funktion zu erörtern; damit ist sie für uns nur als "muskuläres Ganzes" von Interesse.

Unsere Untersuchungen erstrecken sich auf 60 zur Verfügung stehende menschliche Foeten (nur die markantesten sollen im folgenden besprochen werden), die, in verschiedener Größe und in unterschiedlichen Lebensaltern, vom 4-mm Stadium bis zum 100-mm Stadium SSL reichen. Diese Foeten waren in sagittaler und parasagittaler Schnittebene in jeweils 20 Stufenschnitten histologisch verarbeitet und mit Haemalaun-Eosin gefärbt worden. Es ergab sich ein guter vergleichender Überblick über den Entwicklungsstand der einzelnen Organe, speziell auch der Zunge. Für diese war vorauszusetzen, daß der Schnitt möglichst genau in der Mittellinie verlief (leicht zu kontrollieren dadurch, daß bei Sagittalschnitten kein Auge, kein Lungenlappen und keine Nebenniere, wohl aber die Hypophyse

anzutreffen ist als Beweis dafür, daß man sich in der Mediansagittalebene befindet).

Eine möglichst exakte Aussage über das Lebensalter unserer zu untersuchenden Foeten war Voraussetzung und anzustreben. Gewöhnlich ist die Scheitel-Steiß-Länge (SSL) der übliche grobe Maßstab, nach dem gemäß embryologischer Tabellen das Alter eines Foeten festgestellt wird. Dies bedeutet indessen eine recht primitive Schätzung, da die natürlicherweise bestehende, mehr oder minder ausgeprägte Abknickung des Halses und die gesamte "Haltung" des Foeten nicht mit einkalkuliert sind; gibt es doch auch bei Gleichaltrigen ein in gewissen Grenzen durchaus unterschiedliches Längenwachstum.
Meint PATTEN in seiner "Human Embryology", die geringen Abweichungen vernachlässigen zu können, bemüht sich STREETER hingegen um eine exakte Bestimmung des Foetalalters, indem er neben der äusseren SSL-Messung auch den Entwicklungsgrad der inneren Organe mit heranzieht. Er führte den Begriff der "developmental horizons" ein und versteht darunter einige genau definierte Entwicklungsschritte wie z.B. die Einstülpung der Augenlinse und ihre Lösung vom darüberliegenden Ektoderm. Er unterscheidet allein bei 7 - 8 Wochen alten Foeten 28 "developmental horizons". (Detaillierte Angaben in der CARNEGIE Contribution to Embryology, veröffentlicht 1951)

Für unsere Fragestellung haben wir die Methode der subtileren Altersfeststellung nur dann herangezogen, wenn es sich erwies, daß die Kenntnis des exakten Alters auf Tage genau von Bedeutung war. Wochen- oder Monatsbestimmungen lassen sich durch die übliche SSL-Messung hinreichend sicher erreichen, sofern man die Fehlerquellen überhaupt kennt und z.B. bei auffallender Rückenkrümmung des Foeten eine Mißweisung berücksichtigt. Diese kann sodann durch Anwendung des Organreifungsdiameters leicht korrigiert werden. Allzu grosse Fehleinschätzungen werden durch dieses Vorgehen, so meinen wir, vermieden.

Nachstehend abgebildete 15 entscheidende Stadien der Entwicklung der Zungenmuskulatur sollen in unmittelbarem Zusammenhang mit der jeweiligen Befundbeschreibung einen gerafften Einblick in die Entstehung des "Muskelorgans Zunge" geben.

Abb. 1 **6 mm SSL ca. 31. Entwicklungstag**

Zunge und Mundhöhle eines Embryonen. Man erkennt einen recht kräftigen, zellreichen Zungenzapfen, der sich aus undifferenzierten Mesenchymzellen zusammensetzt, keine differenzierten Muskelzellen enthält und nur an der Oberfläche der Zungenwurzel ein angedeutetes primitives einschichtiges Epithel sichtbar werden läßt.

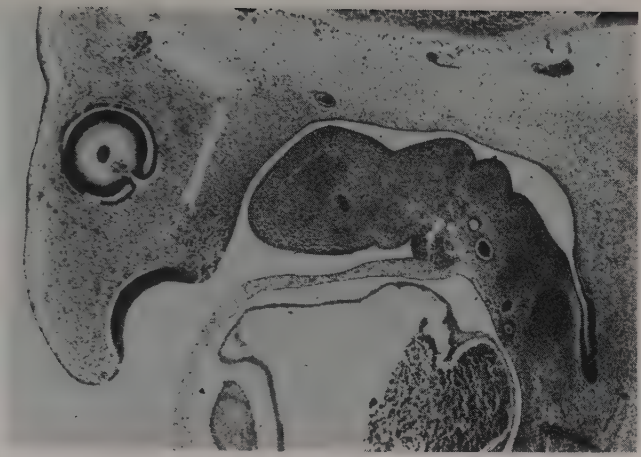


Abb. 2 7 mm SSL ca. 33. Entwicklungstag

Noch immer ist die Zunge ein grober, zelldichter Zellzapfen, sicher nicht kontraktil und undifferenziert.
In der linken Bildseite sind der Nasenhöcker und die primitive Augenanlage zu beachten.

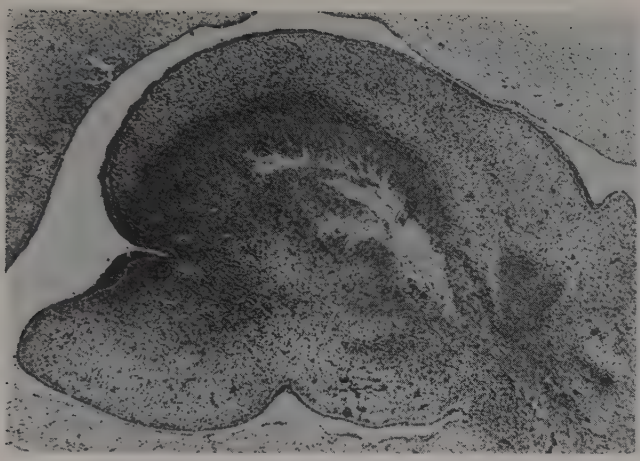


Abb. 3 8 mm SSL 35. Entwicklungstag

Es beginnen sich die ersten strangförmigen Zellformationen zu ordnen, die vom Mundboden zur Zungenspitze "ausstrahlen". Das Oberflächenepithel ist "mehrzeilig" geworden, aber noch immer zylinderzellig. Der Unterkiefer schiebt sich unter der Zungenspitze vor und über diese hinaus.

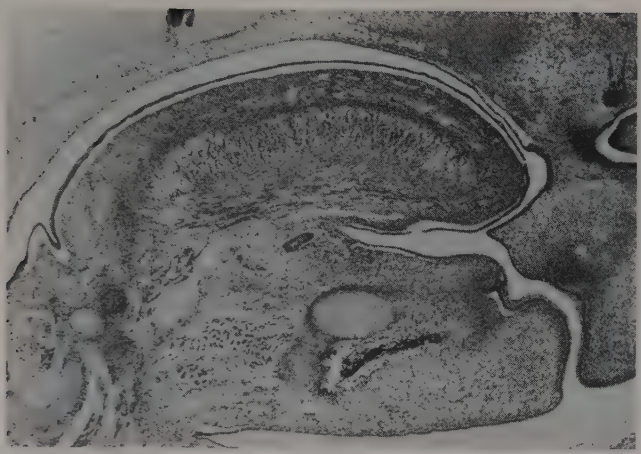


Abb. 4 10 mm SSL 38. Entwicklungstag

Es ist bereits eine recht gute Ordnung der Zungenschichten zu erkennen. Die Zellformationen ordnen sich in Quer-, Längs- und Transversalrichtungen. Der Unterkiefer zeigt die ersten Knorpelkerne. Die Zunge füllt wie ein großes Muskelmassiv die gesamte Mundhöhle aus. Lippen und Kieferleiste deuten sich an.

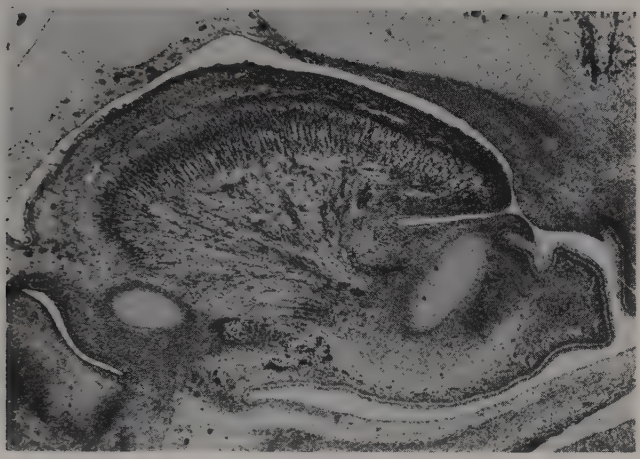


Abb. 5 14 mm SSL ca. 45. Entwicklungstag

Die Größe der Zunge hat sich kaum verändert, wohl aber der zelluläre Differenzierungsstand der Zungenmuskelzellen. Man erkennt rechts im Bild die Mundöffnung und die knorpelige Spitze der Mandibula, an die die Zungenbodenmuskulatur "angeheftet" erscheint, sodaß sie beim Längenwachstum des Unterkiefers nach vorne "gezogen" wird.

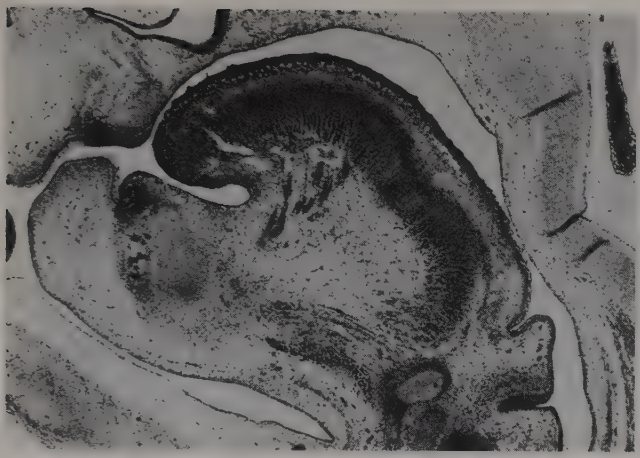


Abb. 6 15 mm SSL ca. 46. Entwicklungstag

Wenige Tage später erkennt man auch bereits die zum Os hyoideum ziehenden Zungenbodenmuskelzüge. Hinter der Zunge wächst der künftige Kehldeckel empor. Oberhalb der Zungenspitze erkennt man einen Teil der angeschnittenen Nasenhöhle.

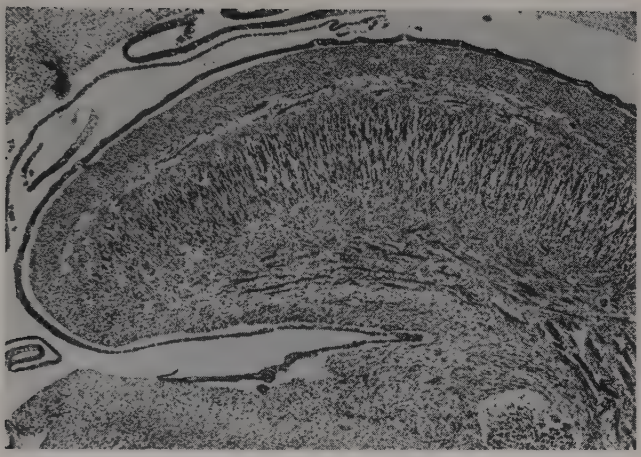


Abb. 7 19 mm SSL 51. Entwicklungstag

Die Muskulatur der Zunge und des Mundbodens hat sich bereits zu deutlichen Verlaufsgruppen formiert. Auch die Reifung ist soweit vorgeschritten, daß man eine Kontraktionsfähigkeit annehmen darf. Die Mesenchymzellen haben nach erfolgter Streckung eine Querstreifung erfahren und elementare Myofibrillen entwickelt. (Vgl. folgende Abbildung Nr. 8)

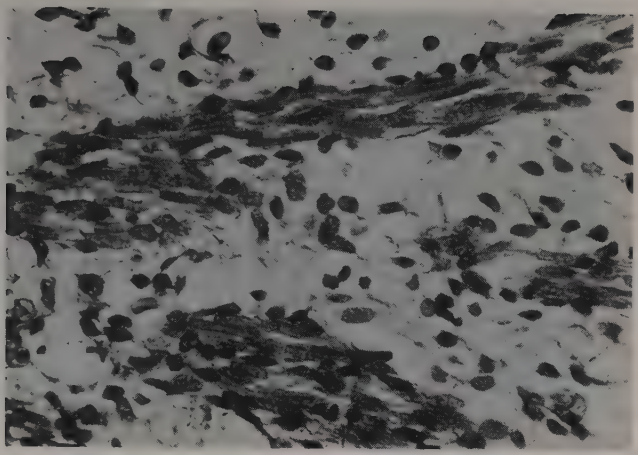
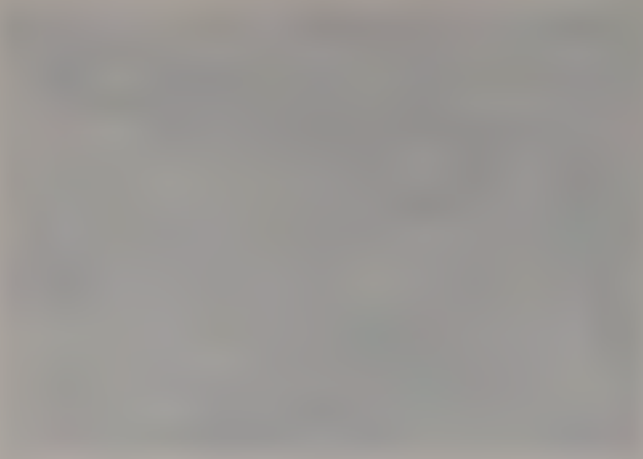


Abb. 8 20 mm SSL 53. Entwicklungstag

Bei stärkerer Vergrößerung zeigt die Zunge in diesem Stadium erste ausgereifte Muskelzellen mit Querstreifung als Ausdruck der Kontraktionsfähigkeit.
Zwischen den Muskelzellbündeln liegt noch lockeres, undifferenziertes Mesenchym, sog. "embryonales Spongiosynchym" (BOLCK 1952).



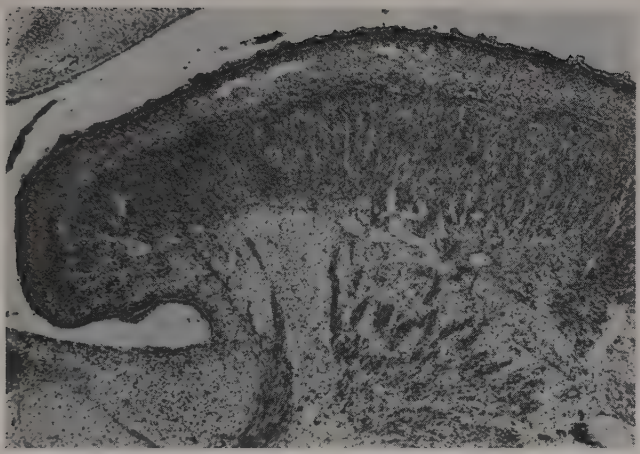


Abb. 9 20 mm SSL 53. Entwicklungstag

Auch die Zungenoberfläche zeigt in diesem Stadium bereits eine Abwandlung: das zwar immer noch zylinderzellige Epithel bildet kleine Falten und Wärzchen, die Vorläufer der späteren Geschmackspapillen.
Die Zungenmuskulatur stellt in diesem sehr frühen Entwicklungsstadium bereits einen beherrschenden Anteil der Mundhöhle dar.

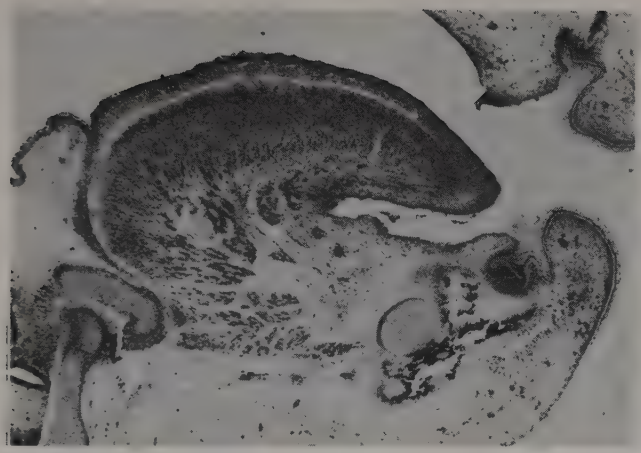


Abb 10 21 mm SSL 54. Entwicklungstag

Vorgesagtes wird weiter verdeutlicht in obiger Abbildung: die ursprüngliche (phylogenetische) und anfängliche (ontogenetische) Befestigung der Zunge am vorderen Teil der Mandibula ist zu erkennen. Die bogenförmige Verlaufsrichtung der Muskelfasern wird deutlich. Die dreidimensionale Beweglichkeit der Zunge ist schon jetzt, am Ende des zweiten Entwicklungsmonats, plastisch erkennbar.

Abb. 11 30 mm SSL 63. Entwicklungstag

Anfang des dritten Entwicklungsmonats erkennt man die ersten Ossifikationszeichen an der Spitze des Unterkiefers. An der Zunge hat sich nicht viel geändert. Das Lippenepithel ist mehrschichtig und großzellig-plattenepithelial gewandelt.

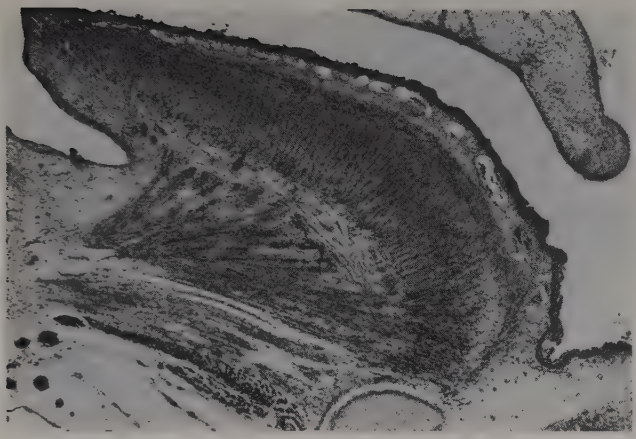


Abb. 12 32 mm SSL 65. Entwicklungstag

Es zeigt sich eine sehr straffe Muskelführung, eine kräftige Transversalmuskulatur.
Es erscheinen weite submuköse Gefäße.
(Rechts oben ragt die Uvula in das Bild hinein).

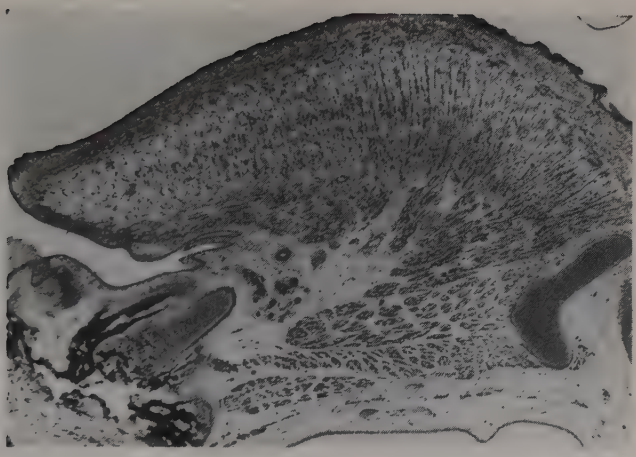


Abb. 13 43 mm SSL ca. 73. Entwicklungstag

Die Zunge ist nahezu komplett ausgebildet, die Geschmackspapillen sind im Zungengrund deutlich sichtbar. Die stark ausgebildete und auch ausgereifte ("trainierte"?) Muskulatur ist imposant.

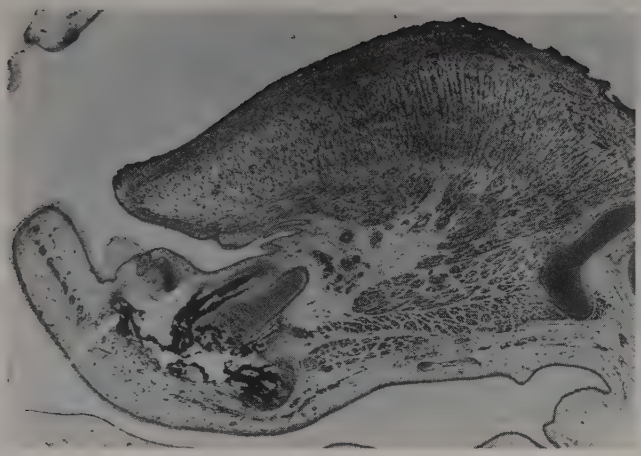


Abb. 14 48 mm SSL 75. Entwicklungstag

Es zeigen sich bereits starke Ossifikationsfortschritte im vorderen Unterkiefer.
Die Zunge ist längst "komplett" und ausserordentlich muskulös.

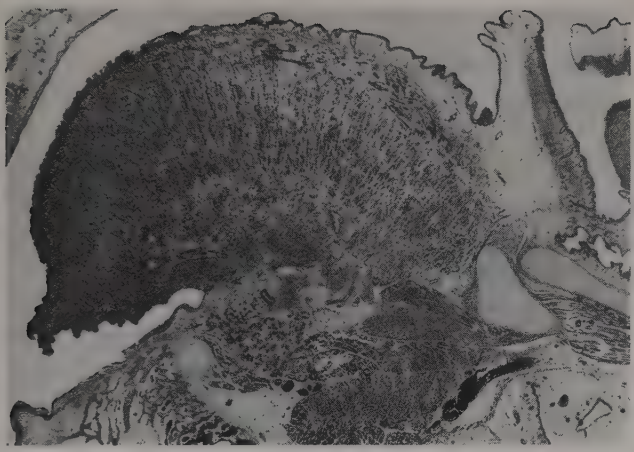


Abb. 15 100 mm SSL 98. Entwicklungstag

Von diesem Stadium an zeigt die Zunge bis zur Geburt hin keine weiteren wesentlichen Entwicklungsmerkmale mehr. Sie ist vielmehr schon zu diesem Zeitpunkt voll ausgebildet und nur noch durch "Training", d.h. durch Bewegung zu entwickeln. Sie ist das erste fertige Organ der Mundhöhle. Die Abbildung entspricht einem Foeten knapp jenseits des dritten Entwicklungsmonats.

Somit darf festgestellt werden, daß die Zunge bereits im ersten Drittel der Schwangerschaft so gut wie vollständig ausgebildet und zu einem überraschend frühzeitig kompletten Organ herangereift ist.

3.4 Wenige Kriterien der Untersuchungen von PONS-TORTELLA und der eigenen im Vergleich

Die Thematik der Arbeit von PONS-TORTELLA ist es, zu untersuchen, ob die Formveränderung der Zunge während ihrer Entwicklung eine aktive oder passive ist, während Gegenstand unserer Betrachtung die Zunge in ihrer Entwicklung als "muskuläres Ganzes" ist, wobei wir jedoch aufgrund unserer Untersuchungen ebenfalls zu der Ansicht gelangt sind, daß die Zunge sich in ihrer Form aufgrund des aussergewöhnlich intensiven Muskelwachstums in früher Embryonalzeit aktiv gestaltet.
Bewegt sich die Arbeit von PONS-TORTELLA bezüglich der Foetengrösse lediglich im Bereich von 15 - 27 mm SSL, so stand uns eine Schnittreihe bis zum 100-mm Stadium zur Verfügung.
Weiterhin bespricht genannter Autor lediglich 4 Längsschnitte; Gegenstand unserer Untersuchungen sind 15 ausgewählte Längsschnitte.
Erste Anzeichen der Kontraktionsfähigkeit der Muskulatur, wie wir sie aufgrund des histologischen Befundes bereits im 19-mm Stadium annehmen dürfen, werden von PONS-TORTELLA nicht berücksichtigt.

4. Die Bedeutung der Zunge im postnatalen Leben des Menschen unter besonderer Berücksichtigung des Saugvorganges

4.1 Bisher bekannte Tatsachen und Thesen zur Physiologie des Saugvorganges

Es kann wohl kein Zufall sein, daß die Zunge bereits weit vor der Geburt so frühzeitig und bevorzugt entwickelt wird. Dabei ist nicht nur ihre Anlage bemerkenswert, sondern auch ihr geradezu "trainiert" erscheinender Funktionszustand.

Hieraus ergeben sich zwei Fragen: "warum" wird die Zunge so bevorzugt entwickelt und "wie" funktioniert sie in ihrer wichtigsten Tätigkeit, dem Saugakt des Neugeborenen? Die Antwort auf das "warum" muß sich an Überlegungen anschließen, die die unmittelbar postnatale Funktion der Zunge betreffen.
Die Frage nach dem "wie" zu beantworten, ist in der einschlägigen Literatur mehrfach versucht worden und wird nach Schilderung der bisher vorliegenden Ergebnisse von uns in der abschließenden Diskussion aufgegriffen werden.

Voranstellen möchten wir, daß über den p h y s i k a l i s c h e n Vorgang beim Saugen heute kein Zweifel mehr besteht: das Saugen kommt durch eine Verdünnung der Mundhöhlenluft und eine dementsprechende Gegenwirkung des atmosphärischen Luftdruckes zustande. Die Art und Weise jedoch, wie sich dieser negative Druck, ein Unterdruck also, in der Mundhöhle bildet, welche Organe hierbei tätig werden, wie sich die Muskeln der Mundhöhle dazu verhalten, ist in der Literatur in sehr widersprüchlichen Aussagen behandelt worden, von denen wenige nachstehend kurz geschildert werden sollen.

AUERBACH unterscheidet zwei Arten des Saugprozesses, nämlich das inspiratorische Saugen und das Mund- oder Zungensaugen.

Es kommen für ihn dazu allgemein nur drei Bewegungsformen in Betracht
- die Inspiration
- das Herabziehen des Unterkiefers
- das Niederdrücken der Zunge mit einem leichten Vorstoßen und Abplatten derselben.

Seiner Ansicht nach besteht das einfachste Mittel, die Mundhöhle zu erweitern, darin, bei versperrter Mundöffnung den Unterkiefer abwärts zu bewegen, wobei die dem Unterkiefer unmittelbar anhängende Zunge folgt und so den Raum zwischen Zungenrücken und Gaumen vergrössert. AUERBACH nennt dieses Saugverfahren das "primitive"; es ist nach ihm der erste Mechanismus, welchen das neugeborene Kind bei der Nahrungsaufnahme anwendet und während der ersten vier bis fünf Monate ausschließlich zum Saugen verwendet. Eine aktive Beteiligung der Zunge am Saugakt des Säuglings ist nach AUERBACH nicht vorhanden. Das von ihm erwähnte inspiratorische Saugen, bewerkstelligt mittels Einatmung durch Erweiterung des Brustraumes, ist für den Saugprozeß des Kindes ohne Bedeutung; dieses Saugen muß als erworbene Fähigkeit angesehen werden und wird nur unter bestimmten Bedingungen, die das Heben von Flüssigkeiten erfordern, angewendet. Auch kann die Flüssigkeit während dieses "inspiratorischen Saugens" nicht gleichzeitig geschluckt werden, eine Aspiration wäre dann unvermeidlich. Diese Form des Saugens ist für die Erklärung des Trinkens ganz ausgeschlossen.

BIEDERT und VIERORDT schränken die Mitbeteiligung der Zunge am Saugakt ebenfalls erheblich ein. Auch ihrer Ansicht nach erfolgt die zum Saugen erforderliche Luftverdünnung allein oder vorwiegend durch eine Abwärtsbewegung des Unterkiefers, welche die Mundhöhle in senkrechtem Durchmesser ausgiebig vergrössert.

Bereits im Jahre 1875 hat DONDERS kleine Versuche über die Saugkraft des Menschen angestellt mit dem Resultat, daß die Saugwirkung durch einen Saugraum zustande kommt.

Dieser luftverdünnte Raum liegt seinen Untersuchungen zufolge zwischen dem hinteren Teil des Zungenrückens und dem weichen Gaumen. Er ist nach allen Seiten abgeschlossen, nach hinten durch den weichen Gaumen, nach vorn durch die Zunge, die gegen den Gaumen angesogen liegt, seitwärts durch die Alveolarfortsätze, nach unten durch die Zungenwurzel. (Die Lage des von DONDERS beschriebenen Saugraumes wurde in der folgenden Zeit von anderen Autoren berichtigt -er liegt mit Sicherheit weiter vorn im Mund-). DONDERS jedoch bezweifelte nicht, daß der Saugraum durch aktives Zurückziehen der Zunge entsteht.

DEPENDORF, der 1907 eine umfassende Abhandlung über den Saugprozeß und den Saugapparat bei Säuglingen veröffentlicht hat, macht den Versuch, die bis dahin bekannten Untersuchungsresultate auszuwerten und kommt zu folgendem Ergebnis: " Durch das einfache Herabsinken des kleinen Unterkiefers beim Säugling mit Nachfolgen der Zunge entsteht bei der Kleinheit der Mundhöhle, der Kürze der Kiefer und der Dicke und Größe der Zunge ein nur sehr kleiner Saugraum; das Herabsinken des Unterkiefers kann nicht viel betragen, da er naturgemäß beim Mundschluß eine tiefere Lage einnimmt als beim Erwachsenen, den Oberkiefer nicht berührt und beim Sauggeschäft in nächster Nähe der Brustwarze verbleibt." Auch das willenlose Hinabdrücken der Zunge trägt seiner Ansicht nach so gut wie gar nicht zur Vergrößerung des Saugraumes bei, denn die Zunge, welche dick und wulstig unter dem flachen Gaumen aufgebauscht in der Mundhöhle liegt, wird durch ihr kurzes Bändchen nur in gekrümmter Form und nur an der Spitze dem Unterkiefer folgen. Hier aber ist das Herabziehen der Zunge gar nicht beabsichtigt, denn die Zungenspitze erhebt sich, um die Mamille zu erreichen. DEPENDORF kommt zu dem Schluß, daß eine ergiebige Erweiterung des Saugraumes nur durch ein Sinken des Zungenrückens herbeigeführt werden kann, wobei die

Zungenmuskeln s e l b s t ä n d i g wirken.

Haben die genannten Autoren (et al.) ihr Hauptaugenmerk auf die Mechanik des Saugvorganges gerichtet, so werfen andere die Frage auf, ob denn das Hauptgewicht beim Stillvorgang überhaupt auf dem Saugen des Kindes liege oder ob nicht vielmehr der Kompression der Brust die grössere Bedeutung für deren Entleerung zukomme. Auch zu diesem Problem wollen wir einige Autoren zu Wort kommen lassen.

Nach KORKHAUS besteht der Stillvorgang aus zwei Abschnitten: die erste Phase des Saugvorganges dient der Sicherung und Lagerung der Nahrungsquelle und der Aspiration der Milch in die äusseren Milchgänge; in der zweiten Phase wird die Milch aus der Brust durch Unterkiefer und Zunge ausgepreßt.

GRÄßLER nennt das Neugeborene nicht einen Säugling, sondern einen "Melkling" und schließt sich der Auffassung von A.M. SCHWARZ, v. JASCHKE und KORKHAUS an. Den Stillakt an der Mutterbrust beschreibt er mit den Ausführungen von SCHWARZ in dessen Buch "Lehrgang der Gebißregelung": "Bei der natürlichen Ernährung aus der mütterlichen Brust wird die Brustwarze nicht nur kräftig angesaugt und dabei wie von einer Klemme zwischen den Kiefern festgehalten, sondern der Unterkiefer vollführt hierbei auch taktmäßige Vor- und Rückschubbewegungen, er walkt dabei die gegen die Schneidenplatte des Oberkiefers angedrückte Warze auf dieser ebenen Unterlage aus, wodurch ein natürlicher M e l k vorgang zustande kommt."

LIND hat diese Erkenntnisse zusammengefaßt, sodaß wir heute den Stillvorgang wie folgt beschreiben könnten: es lassen sich zwei Abschnitte unterscheiden; wird der Säugling an die Brust gelegt, so schließt er seine Lippen luftdicht um die Brustwarze und die umgebende dunkle Hautpartie. Der erste Abschnitt besteht dann darin, daß

in der Mundhöhle des Kindes ein Unterdruck zustande kommt, indem der Unterkiefer nach unten und hinten bewegt, die Zunge aber gleichzeitig aktiv flach gelegt wird. Dieser Akt hat zur Wirkung, daß die Milch aus den inneren Milchgängen der Brust in die äusseren Milchgänge der Brustwarze gepreßt wird. In der zweiten Phase wird der Unterkiefer wieder nach vorn und oben geführt, Lippen, Zunge und Kiefer des Kindes komprimieren nun die Brustwarze zugleich mit dem vordersten Teil der Brust, wodurch die Milch in den Mund gepreßt, sozusagen "gemolken" wird.

Ob wir uns dieser Darstellung voll anschließen können, wird die folgende Diskussion klären.

4.2 Nebentatsachen

Vorerst jedoch sollen noch einige Voraussetzungen, die der Säugling mitbringt, um den Saugakt optimal bewerkstelligen zu können, erläutert werden.
Zur Unterstützung der großen Arbeitsleistung, die das Kleinkind an der mütterlichen Brust vollbringen muß, hat es die Natur mit Einrichtungen ausgerüstet, die DEPENDORF als zum Saugakt gehörig, kurz als "Saugmund" bezeichnet. Neben der Zunge, den Alveolarkämmen und den Lippen, die selbstverständlich zum Saugmund gehören, beschreibt er weitere anatomische Hilfsmittel für den Saugakt des Neugeborenen: es sind dies die Membrana gingivalis und das Corpus adiposum buccae (in der Literatur auch als BICHATscher Feffpfropf oder als RANKEsches Saugpolster bezeichnet). Die Membrana gingivalis, erstmals von ROBIN und MAGITÔT in der "Gazette Médicale de Paris" 1860 erwähnt, entsteht nach MAGITÔT am Rande der Kiefer als eine Art sehr kleiner, äusserst dünner Lippe, welche von der Region des einen Eckzahnes zu der des anderen reicht und einer Art von

Erektion fähig zu sein scheint, um somit unstreitig dem Sauggeschäft zu dienen.
DEPENDORF hat diese Membran mikroskopisch untersucht und festgestellt, daß sie eine Reihe von erweiterungsfähigen Gefäßen besitzt; diese sind durch Aufnahme von Blut imstande, den Saum zu erheben und zum Festhalten der Mamille geeignet zu machen. Mit der Einrichtung der Membrana gingivalis, die noch verschiedene andere histologische Besonderheiten besitzt, die dem Neugeborenen eigen sind, gelingt dem Säugling eine optimale Abdichtung des Mundes beim Saugakt.

Der BICHATsche Fettpfropf ist ein abgeschlossener Bestandteil der Wangen von Neugeborenen und Säuglingen, der nach BESSAU folgende Aufgabe hat: " Er dient der Versteifung der Wangenweichteile beim Saugen; da er funktionell bedeutungsvoll ist, bleibt er selbst bei starker Abmagerung des Kindes auffällig lange erhalten."

5. Diskussion

Werfen wir jetzt erneut die Frage auf, "warum" die Zunge ein so bevorzugt entwickeltes Organ der Mundhöhle darstellt, so ist folgendes festzustellen: für das Neugeborene sind die Funktionen des Sprechens und des Schmekkens nicht wichtig, viel weniger noch lebenswichtig. Ganz anders verhält es sich mit der Fähigkeit zur Aufnahme der Nahrung und zu deren Transport. Der Saug- und der Schluckakt sind die mit Abstand -nach dem Atmen- sofort notwendigen lebenserhaltenden Vorgänge. Beide sind an Reflexe gebunden und beide setzen eine gut ausgebildete und funktionstüchtige Zunge voraus. Mit ziemlicher Sicherheit sind sie bereits intrauterin probiert ("trainiert") worden.
SEITZ sagt hierzu: " In den letzten Monaten der Schwangerschaft zeigt auch der Magen-Darm-Kanal gewisse Anfänge von Funktionen. Das Kind schluckt von Zeit zu Zeit Fruchtwasser und die in ihm enthaltenen Epidermiszellen, Fett der Talgdrüsen und Lanugohärchen." Weiterhin heißt es : " Auch Saugreiz ist beim Fetus bereits ausgebildet. Spuren intrauterinen Saugens sind auch zuweilen an den Fingern des Neugeborenen nachweisbar."

Erinnern wir uns an die phylogenetische Entwicklung der Zungenmuskulatur, so ist ihr Ziel, die Zunge der S ä u g e r (und ganz besonders des Menschen) hinsichtlich der Muskularisierung einzigartig auszustatten, nicht zu übersehen.

Auch die Ontogenese der Zunge des Menschen unterstreicht unseren Untersuchungen zufolge die Praevalenz der Zunge in der kindlichen Mundhöhle sehr deutlich.

Nach dem Gesagten können wir uns den bisherigen Darstellungen, "wie" das Kind den Saugakt bewältigt, nicht ganz anschließen. Die beschriebenen Untersuchungen be-

rücksichtigen unserer Meinung nach die Rolle der Zunge noch zu wenig. Beleuchtet man sie näher, wiederum in Erinnerung der Phylo- und Ontogenese, so wird sicher klarer, warum die Zunge bereits in frühestem foetalen Entwicklungsstadium so geradezu herausgehoben von allen anderen Organen angelegt und gebildet wird.
Ein Saugen ist nicht möglich ohne hermetischen Abschluß der vorderen Mundhöhle gegen den gesamten hinteren Rachenraum. Diese Funktion übernimmt die Zunge, die sich in ihrem hinteren Teil wulstartig emporhebt und sich dem gleichzeitig nach unten hinabsinkenden Rachenring eng anschmiegt, wobei die Uvula auf dem hinteren Abhang des Zungenrückens liegt. Gleichzeitig verkürzt sich der vordere Teil der Zunge, ihre Spitze weicht nach unten und hinten zurück, nachdem sie zunächst einmal die mütterliche Mamille umfaßt hielt, wodurch bei geschlossenem Mund ein negativer Druck in der Mundhöhle erreicht wird, der sich bei Öffnung des Mundes als Sog auswirkt.
Die hermetische Abdichtung zwischen Zungenrücken und Rachenring erlaubt übrigens auch ein ungehindertes Atmen während des Saugprozesses. Das Atmen muß lediglich beim Schluckvorgang unterbrochen werden, bei dem sich Rachenring nebst Uvula umgekehrt abdichtend nach oben heben bzw. von Zungenwulst und Speise nach oben emporgedrückt werden, um die Nasenhöhle abzuschließen; der Kehldeckel legt sich dabei gleichzeitig auf den Luftröhrenzugang.

So wird deutlich, daß der lebenswichtige Saugakt nicht möglich ist, wenn nicht der Zungenkörper eine ziemlich massige, wulstartige Verformung zuläßt und in der Lage ist, die Mundhöhle nach hinten völlig abzuschließen. Eine starke Beweglichkeit und die Fähigkeit zu sehr umfangreicher aktiver Deformierbarkeit mit Volumensänderung sind die Voraussetzungen, die die Zunge erfüllen muß, um den Erfordernissen der ersten Lebenstage (beim Säuger) gerecht zu werden. Man darf feststellen, daß die

Zunge einer der wichtigsten Muskeln beim Neugeborenen ist, der in bestimmten frühen Entwicklungsstadien selbst von der verstreut verteilten Atemmuskulatur in seiner Bedeutung nicht übertroffen wird.

In der zweiten Phase des Saugaktes, wenn nämlich die Mamille und zum Teil die vordere Mundhöhle des Säuglings (oder aber der in ihr steckende "Saugnuckel" der Stillflasche) gefüllt sind, flacht sich die Zunge wieder ab und gibt den Weg nach hinten frei. Die Zungenspitze drängt währenddessen nach vorn und preßt ggf. den Saugnuckel gegen den vorderen Gaumen, um ihn leerzudrücken bzw. walkt sie zusammen mit dem Unterkiefer die Mamille beim physiologischen Saugvorgang aus, während die hintere Mundhöhle den Schluckakt reflektorisch in Gang setzt.

Durchdenken wir jetzt abschließend noch einmal das Problem, ob das Hauptgewicht des Stillvorganges auf dem Saugen oder dem sog. "Melken", wie von A.M. SCHWARZ, KORKHAUS et al. beschrieben, liegt, so kommen wir zu folgendem Ergebnis: unabhängig davon, ob der Säugling imstande ist, die Milch bis in seinen Mund oder, wie verschiedentlich in der Literatur angegeben, nur bis in die Ausführungsgänge der Milchdrüse zu saugen, um sie dann unter Mitwirkung der Kiefer auszupressen, ist das S a u g e n die entscheidende Funktion des physiologischen Ernährungsvorganges an der Mutterbrust.
Bei der Form der mütterlichen Brust und der Kleinheit der Mamille ist allein durch Komprimieren beider ein Milchfluß sicher nicht zu erreichen, zumal das Kind nur einen sehr kleinen Bezirk der Mamma mit dem Mund umschließen kann; die Milch muß unter allen Umständen -auch wenn nur bis in die Milchausführungsgänge- angesaugt werden. Das schafft der Säugling (wie unserer Meinung nach von DEPENDORF richtig beschrieben) nur durch a k t i v e Tätigkeit der Zungenmuskulatur, deren Bedeutung wir in unserer Darstellung des Saugaktes unterstrichen haben.
Die Zunge ist dank ihrer einzigartig ausgebildeten Mus-

kulatur das für die Fähigkeit zum Saugen primär entscheidende Organ und in ihrer komplexen Funktion ganz eindeutige Voraussetzung zur physiologischen Ernährung des Säuglings, unabhängig davon, welche anderen Einrichtungen und Mechanismen dem kindlichen Mund darüberhinaus zur Verfügung stehen.
Phylo- und ontogenetische Entwicklung des "Muskelorgans Zunge" weisen auf dieses Ergebnis sehr deutlich hin.

6. Zusammenfassung

Bei der Untersuchung menschlicher Foeten früher Entwicklungsstadien fiel die relativ zeitige Anlage und kräftige Ausprägung der menschlichen Zunge auf. Es gibt keinen Muskel im menschlichen Körper, der zu so bemerkenswerter Stärke und Vollkommenheit zu einem so frühen Zeitpunkt gedeiht.

Phylogenetische Vergleiche ergeben, daß die Zunge bei niederen Tieren oft sehr verschiedene Funktionen besitzt, dient sie z.B. als Tast-, Riech- oder Fangorgan, und daß sie zur Bewältigung der jeweiligen Aufgaben etwa einen besonderen Streck-, Schleuder- oder Kippmechanismus entwickelt. Erst bei den Säugetieren jedoch wird sie zu einem besonders muskelkräftigen, nach allen Seiten hin beweglichen Organ, dessen Bedeutung in der vorliegenden Arbeit diskutiert wird.

Die Phylo- und Ontogenese der Zunge werden zunächst ausführlich abgehandelt. Danach wird an eigenem Untersuchungsmaterial von histologischen Sagittalschnitten durch 60 menschliche Foeten die Entwicklung der Zunge an 15 ausgewählten Abbildungen dargestellt und belegt. Die so auffallende Bevorzugung der Zunge im Entwicklungsgang wird mit der frühen, praktisch schon unmittelbar nach der Geburt lebensnotwendigen Saugfunktion in Zusammenhang gebracht.

Um dieses zu begründen, werden die verschiedenen Theorien über den Saugvorgang und seine physiologisch-mechanischen sowie seine anatomischen Voraussetzungen abgehandelt. Die Bedeutung der Zunge für das Saugen und Schlucken wurde oft unterschätzt oder gar verkannt. Embryologische Erkenntnisse scheinen uns geeignet, die wichtige Rolle der Zunge für diese genannten Funktionen zu unterstreichen; denn aus welchem Grunde sonst sollte gerade dieser Muskel bereits frühembryonal so bevorzugt

entwickelt werden? Nach unserer Meinung sind "Melk- oder Kauvorgänge" bei der Ernährung des Säuglings an der mütterlichen Brust, wie sie von manchen Autoren besonders hervorgehoben werden, nur von untergeordneter Bedeutung, das Kleinkind s a u g t die Brust leer.

Der komplizierte Saugvorgang wird dargestellt, er ist beim Neugeborenen reflektorisch verankert. Zu seiner Verwirklichung bedarf es eines kräftigen und sogleich nach der Geburt voll funktionstüchtigen Zungenmuskels. Dies erklärt u.E. seine so frühzeitige Anlage und Entwicklung.

Literaturverzeichnis

1 . Bessau, Gg. & Klinke, K.
Lehrbuch der Geburtshilfe
Elfte Auflage
Arbeitsgemeinschaft medizinischer Verlage
Verlag Gustav Fischer/Jena
1951 S. 292

2 . Blechschmidt, E.
Die vorgeburtlichen Entwicklungsstadien des Menschen
S. Karger-Verlag
Basel-Freiburg-London-New York
1961 S. 356-358

3 . Boenig, H.
Leitfaden der Entwicklungsgeschichte des Menschen
Siebente Auflage
Edition Leipzig
1962 S. 154-156

4 . Clara, M.
Entwicklungsgeschichte des Menschen
Sechste Auflage
Verlag Quelle & Meyer Heidelberg
1967

5 . Dabelow, R.
Gegenbaur's Morphl. Jb.
91/1951 S. 34-63

6 . Dependorf, Th.
Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde
1907 S. 105-128

7 . Dubignon, J.M. Campbell, D. Partington, M.W.
Biol.Neonat. 14
1969 S. 270-278

8 . Fanconi, G.
Lehrbuch der Pädiatrie
Neunte Auflage
Schwabe & Co. Verlag/Basel
1972 S. 98

9 . Gegenbaur, C.
Morphl.Jb. 21
1894 S. 1-18

10. Gräßler, D.
Zahnärztliche Rundschau
Nr. 1/1949 S. 455-459

11. Grosser, O. Ortmann, R
Grundriß der Entwicklungsgeschichte des Menschen
Siebente Auflage
Springer-Verlag/Berlin
1970 S. 133-199

12. Heckmann, U.
Fortschritte der Kieferorthopädie
Band 20
1959 S. 337-344

13. Kallius, E.
Anatomische Hefte
Erste Abteilung LII/LIII. Heft
Band XVI, Heft III/IV
1901

Anatomische Hefte
Erste Abteilung
28. Band 84., 85./86. Heft
1905

Anatomische Hefte
Erste Abteilung
41. Band 123./124, 125. Heft
1910

14. Kühn, A.
Grundriß der allgemeinen Zoologie
Siebenzehnte Auflage
Georg Thieme Verlag/Stuttgart
1969 S. 69, 90-91

15. Langman, J.
Medizinische Embryologie
Georg Thieme Verlag/Stuttgart
1970 S. 239-240

16. Lind, V.
Schweizerische Monatsschrift f. Zahnheilkunde
Band 55
1945 S. 472-476

17. Nishi, S.
Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere
Band 5
1938 S. 447-453

18. Pons-Tortella, E.
Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte
Band 105
1936 S. 72-78

19. Seitz, L.
Lehrbuch der Geburtshilfe
Arbeitsgemeinschaft medizinischer Verlage
Verlag Gustav Fischer/Jena
1951 S. 94-95

20. Stadtmüller, F.
Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere
Band 5
1938 S. 955-985

21. Starck, D.
Embryologie
Ein Lehrbuch auf allgemein biologischer Grundlage
Georg Thieme Verlag/Stuttgart
1955 S. 430, 585, 593

22. Thenius, E.
Handbuch der Zoologie
Band 8, Teil 2
Verlag Walter De Gruyter/Berlin
1969 S. 35

23. Voss, H.
Herrlinger, R.
Taschenbuch der Anatomie
Dreizehnte Auflage
Band 2
Gustav Fischer Verlag/Stuttgart
1968 S. 26

Lebenslauf

Am 26. Juli 1941 wurde ich als Tochter des Fotokaufmannes Eugen H a m r o l und seiner Ehefrau Else, geb. Baum, in Berlin-Charlottenburg geboren.
Von 1947 an bis 1951 besuchte ich die 31. Grundschule in Berlin-Charlottenburg, anschließend die Liebfrauenschule, ein neusprachliches Gymnasium im gleichen Stadtteil. 1960 verließ ich diese Schule nach insgesamt 13 Schuljahren mit dem Zeugnis der Reife.

Von 1960 bis 1961 war ich als Rechtspflegeranwärterin beim Amtsgericht Charlottenburg tätig; nach meiner Eheschließung führte ich mit meinem Mann bis 1965 ein selbständiges Unternehmen und arbeitete danach bis zum Ende des Jahres 1969 als kaufmännische Angestellte in zwei Firmen der Berliner Industrie.

Seit dem 13. November 1969 war ich als ordentliche Studentin der Zahnmedizin an der Freien Universität in Berlin immatrikuliert. Das Studium habe ich mit bestandener Zahnärztlicher Prüfung im Sommer 1975 beendet und arbeite seit dem 01. August d.J. als Assistenzärztin in einer Zahnarztpraxis in Berlin.

Gisela Breitner, geb. Hamrol